



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104897489 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 09

(21) 申请号 201510369942. 1

(22) 申请日 2015. 06. 30

(71) 申请人 华东建筑设计研究院有限公司

地址 200041 上海市石门二路 258 号

(72) 发明人 崔家春 杨联萍 巫燕贞

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务

所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51) Int. Cl.

G01N 3/28(2006. 01)

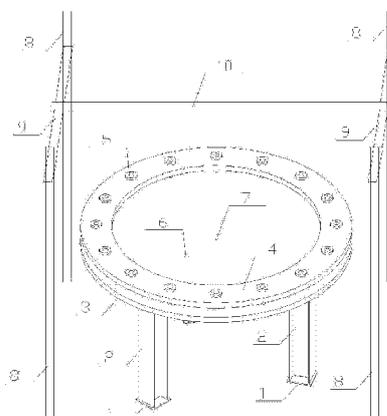
权利要求书2页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置及方法,测试装置包括钢质圆盘、钢质圆环、气压测试仪和膜面高度测量仪;测试时,将单层所要测试的 ETFE 薄膜夹装于钢质圆盘和钢质圆环之间,构成圆形气枕模型,然后通过钢质圆盘上的气门芯对 ETFE 薄膜进行充气加压,并通过气压测量仪和膜面高度测量仪测得气枕顶点的气压和膜面高度,据此计算出 ETFE 薄膜双向受力状态下的等效真实应力与应变。本发明可以通过简单的圆形气枕充气加压试验,得到不同厚度 ETFE 薄膜三维空间受力状态下的材料性能参数,而且试验方法简单,测量仪器精度高,可重复性好;可以根据使用情况考虑温度、湿度等多因素环境的影响,也可考虑单因素环境对材料性能的影响。



1. 一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置,其特征在于,包括钢质圆盘和钢质圆环,所述钢质圆盘和钢质圆环的外缘上安装有相匹配的螺孔;钢质圆环位于钢质圆盘之上,且两者之间通过螺孔用螺栓夹紧单层所要测试的 ETFE 薄膜;所述钢质圆盘的底部安装有支撑件;所述钢质圆盘上设置有圆孔用于安装气门芯,并设置有螺纹孔用于安装气压测量仪;另外,所述 ETFE 薄膜的膜面正上方安装有膜面高度测量仪。

2. 根据权利要求 1 所述的 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置,其特征在于,所述膜面高度测量仪采用激光位移计。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置,其特征在于,所述膜面高度测量仪通过主要由导杆、支撑横梁和固定横梁组成的支撑机构安装于 ETFE 薄膜的膜面正上方,其中,钢质圆盘的两侧分别直立设有至少两根所述导杆,每侧的导杆之间固定设置所述支撑横梁,而所述固定横梁的两端则分别可滑动地连接于两侧的支撑横梁上;所述膜面高度测量仪安装于所述固定横梁上。

4. 根据权利要求 1 所述的 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置,其特征在于,用于安装气压测量仪的螺纹孔设于所述钢质圆盘的圆心处。

5. 根据权利要求 1 所述的 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置,其特征在于,所述的气压测量仪包括压力变送器与无纸记录仪,所述压力变送器安装于所述螺纹孔,而无纸记录仪则连接于所述压力变送器。

6. 一种利用权利要求 1 的 ETFE 薄膜双向力学性能测试方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1 通过钢质圆盘和钢质圆环外缘的螺孔,将单层所要测试的 ETFE 薄膜用螺栓夹紧于钢质圆盘和钢质圆环之间,构成圆形气枕模型;通过钢质圆盘上的气门芯,对 ETFE 薄膜进行充气加压;

S2 通过气压测量仪和膜面高度测量仪测得气枕顶点的气压和膜面高度;

S3 记步骤 S2 中测得的气压为 p 和膜面高度为 h ,假设此时气枕顶点处于 1:1 的双轴受拉应力状态,ETFE 薄膜呈球冠状且薄膜材料不可压缩,按下式进行计算得到 ETFE 薄膜双向受力状态下的等效真实应力 σ_{ep} 与等效真实应变 ε_{eq} :

$$\sigma_{ep} = \frac{p(r^2 + h^2)^5}{4ht_0 r^4};$$

$$\varepsilon_{eq} = \frac{3}{1+\nu} \ln\left(1 + \frac{h^2}{r^2}\right);$$

其中, ν 为泊松比参数, t_0 为 ETFE 薄膜厚度, r 为圆形气枕的半径。

7. 根据权利要求 6 所述的 ETFE 薄膜双向力学性能测试方法,其特征在于,在开始步骤 S1 之前,先通过气门芯对 ETFE 薄膜进行预加载,使其处于预张紧状态。

8. 根据权利要求 6 所述的 ETFE 薄膜双向力学性能测试方法,其特征在于,步骤 S1 中,采取不间断的连续加载方式对 ETFE 薄膜进行缓慢充气。

9. 根据权利要求 6 所述的 ETFE 薄膜双向力学性能测试方法,其特征在于,所述气压测量仪包括压力变送器与无纸记录仪,所述压力变送器安装于钢质圆盘圆心所设的螺纹孔;测量时,所述压力变送器的气枕顶点进行压力测量,并将数据传输至无纸记录仪中进行记

录。

10. 根据权利要求6所述的ETFE薄膜双向力学性能测试方法,其特征在于,所述膜面高度测量仪采用激光位移计。

一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及建筑设计领域,具体涉及一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试方法。

背景技术

[0002] ETFE(Ethylene Tetra Fluoro Ethylene) 薄膜中文全称为乙烯-四氟乙烯共聚物,是一种有机高分子材料,既具有类似聚四氟乙烯的优良性能,又具有类似聚乙烯的易加工性能。于 20 世纪 70 年代由杜邦化学公司发明,后由德国人斯蒂芬·勒耐特成立维克多-福伊特克公司,专门设计和制造 ETFE 薄膜并向全球的建筑公司推广。经过近四十年的开发与应用,ETFE 薄膜已成为建筑材料领域中一颗璀璨的明星。

[0003] 目前,对于 ETFE 薄膜单轴拉伸性能的试验与分析研究国内外均已较为成熟,生产厂商也逐渐将研究范围拓宽至生产、加工、安装以及使用寿命等,对工程应用起到很大作用。2005 年日本膜结构协会对 ETFE 薄膜结构的材性、加工、设计、施工和维护等方面进行了整理,形成了 ETFE 气枕结构设计指南草案,草案中 ETFE 薄膜的材料性能均来自单轴拉伸试验。已完成的关于 ETFE 薄膜材料性能的研究包括:采用不同的拉伸速度进行了 ETFE 薄膜的单轴拉伸试验,考察了其屈服强度和弹性模量随应变速率的变化;研究 ETFE 薄膜单轴拉伸时的徐变性能,采用了四元素粘弹性模型进行模拟。通过动力松弛试验确定单轴拉伸时的材料粘弹性参数,同时结合徐变试验对材料模型进行修正,进行了 ETFE 气枕模型试验,检验了材料模型的精度。

[0004] 关于 ETFE 薄膜双向受力状态下的材料性能,国内外研究很少,可以查到的文献资料非常有限。然而实际工程中膜面处于三维空间受力状态,需通过试验获得膜材双向受力时的材料力学性能。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明旨在提供一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置及方法,以克服现有研究中没有对 ETFE 薄膜双向受力状态下材料性能研究的问题。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置,包括钢质圆盘和钢质圆环,所述钢质圆盘和钢质圆环的外缘上安装有相匹配的螺孔;钢质圆环位于钢质圆盘之上,且两者之间通过螺孔和螺栓夹紧单层所要测试的 ETFE 薄膜;所述钢质圆盘的底部安装有支撑件;所述钢质圆盘上设置有圆孔用于安装气门芯,并设置有螺纹孔用于安装气压测量仪;另外,所述 ETFE 薄膜的膜面正上方安装有膜面高度测量仪。

[0008] 进一步地,所述膜面高度测量仪采用激光位移计。

[0009] 更进一步地,所述膜面高度测量仪通过主要由导杆、支撑横梁和固定横梁组成的支撑机构安装于 ETFE 薄膜的膜面正上方,其中,钢质圆盘的两侧分别直立设有至少两根所述导杆,每侧的导杆之间固定设置所述支撑横梁,而所述固定横梁的两端则分别可滑动地连接于两侧的支撑横梁上;而所述膜面高度测量仪则安装于所述固定横梁上。

[0010] 进一步地,用于安装气压测量仪的螺纹孔设于所述钢质圆盘的圆心处。

[0011] 进一步地,所述的气压测量仪包括压力变送器与无纸记录仪,所述压力变送器安装于所述螺纹孔,而无纸记录仪则连接于所述压力变送器。

[0012] 利用上述装置进行 ETFE 薄膜双向力学性能测试方法包括如下步骤:

[0013] S1 通过钢质圆盘和钢质圆环外缘的螺孔,将单层所要测试的 ETFE 薄膜用螺栓夹紧于钢质圆盘和钢质圆环之间,构成圆形气枕模型;通过钢质圆盘上的气门芯,对 ETFE 薄膜进行充气加压;

[0014] S2 通过气压测量仪和膜面高度测量仪测得气枕顶点的气压和膜面高度;

[0015] S3 记步骤 S2 中测得的气压为 p 和膜面高度为 h ,假设此时气枕顶点处于 1:1 的双轴受拉应力状态,ETFE 薄膜呈球冠状且薄膜材料不可压缩,按下式进行计算得到 ETFE 薄膜双向受力状态下的等效真实应力 σ_{ep} 与等效真实应变 ε_{eq} :

$$[0016] \quad \sigma_{ep} = \frac{p(r^2 + h^2)^5}{4ht_0 r^4};$$

$$[0017] \quad \varepsilon_{eq} = \frac{3}{1+\nu} \ln\left(1 + \frac{h^2}{r^2}\right);$$

[0018] 其中, ν 为泊松比参数, t_0 为 ETFE 薄膜厚度, r 为圆形气枕的半径。

[0019] 需要说明的是,在开始步骤 S1 之前,先通过气门芯对 ETFE 薄膜进行预加载,使其处于预张紧状态。

[0020] 需要说明的是,步骤 S1 中,采取不间断的连续加载方式对 ETFE 薄膜进行缓慢充气。

[0021] 需要说明的是,所述气压测量仪包括压力变送器与无纸记录仪,所述压力变送器安装于钢质圆盘圆心所设的螺纹孔;测量时,所述压力变送器的气枕顶点进行压力测量,并将数据传输至无纸记录仪中进行记录。

[0022] 需要说明的是,所述膜面高度测量仪采用激光位移计。

[0023] 本发明的有益效果在于:

[0024] 1、与 ETFE 薄膜的现有研究成果相比,本发明 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置及方法可以通过简单的圆形气枕充气加压试验,得到不同厚度 ETFE 薄膜三维空间受力状态下的材料性能参数;

[0025] 2、试验方法简单,测量仪器精度高,可重复性好;可以根据使用情况考虑温度、湿度等多因素环境的影响,也可考虑单因素环境对材料性能的影响。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明测试装置的立体结构示意图;

[0027] 图 2 为图 1 中测试装置的俯视平面示意图;

[0028] 图 3 为图 2 中的 A-A 向剖视图;

[0029] 图 4 为图 1 中测试装置的正面结构示意图;

[0030] 图 5 为实施例一得到的气压 - 高度曲线图;

[0031] 图 6 为实施例一得到的真实应力 - 真实应变曲线图;

- [0032] 图 7 为实施例二得到的气压 - 高度曲线图；
 [0033] 图 8 为实施例二得到的真实应力 - 真实应变曲线图；
 [0034] 图 9 为实施例三得到的气压 - 高度曲线图；
 [0035] 图 10 为实施例三得到的真实应力 - 真实应变曲线图。

具体实施方式

[0036] 以下将结合附图对本发明作进一步的描述,需要说明的是,本实施例以本技术方案为前提,给出了详细的实施方式和具体的操作流程,但本发明的保护范围并不限于本实施例。

[0037] 如图 1- 图 4 所示,一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试装置,包括钢质圆盘 3 和钢质圆环 4,所述钢质圆盘 3 和钢质圆环 4 的外缘上安装有相匹配的螺孔;钢质圆环 4 位于钢质圆盘 3 之上,且两者之间通过螺孔和螺栓 5 夹紧所要测试的 ETFE 薄膜;所述钢质圆盘 3 的底部安装有支撑件。在本实施例中,所述支撑件由连接于钢质圆盘 3 底部的柱脚 2 和连接于柱脚 2 底部的底板 1 组成。所述钢质圆盘 3 上设置有圆孔 6 用于安装气门芯,并设置有螺纹孔 7 用于安装气压测量仪;另外,所述 ETFE 薄膜的膜面正上方安装有膜面高度测量仪。

[0038] 需要说明的是,所述膜面高度测量仪采用激光位移计。

[0039] 进一步地,所述膜面高度测量仪通过主要由导杆 8、支撑横梁 9 和固定横梁 10 组成的支撑机构安装于 ETFE 薄膜的膜面正上方,其中,钢质圆盘 3 的两侧分别立有两根所述导杆 8,每侧的导杆 8 之间固定连接所述支撑横梁 9,而所述固定横梁 10 的两端则分别可滑动地连接于两侧的支撑横梁 9 上;而所述膜面高度测量仪则安装于所述固定横梁 10 上。测量时,所述固定横梁 10 在所述支撑横梁 9 前后滑动,从而可以带动所述膜面高度测量仪前后滑动测量膜面高度。

[0040] 需要说明的是,用于安装气压测量仪的螺纹孔 7 设于所述钢质圆盘 3 的圆心处。

[0041] 需要说明的是,所述的气压测量仪包括压力变送器与无纸记录仪,所述压力变送器安装于所述螺纹孔 7,而无纸记录仪则连接于所述压力变送器。

[0042] 基于上述装置,一种 ETFE 薄膜双向力学性能测试方法包括如下步骤:

[0043] S1 通过钢质圆盘和钢质圆环外缘的螺孔,将单层所要测试的 ETFE 薄膜用螺栓夹紧于钢质圆盘和钢质圆环之间,构成圆形气枕模型;通过钢质圆盘上的气门芯,对 ETFE 薄膜进行充气加压;

[0044] S2 通过气压测量仪和膜面高度测量仪测得气枕顶点的气压和膜面高度;

[0045] S3 记步骤 S2 中测得的气压为 p 和膜面高度为 h ,假设此时气枕顶点处于 1:1 的双轴受拉应力状态,ETFE 薄膜呈球冠状且薄膜材料不可压缩,按下式进行计算得到 ETFE 薄膜双向受力状态下的等效真实应力 σ_{ep} 与等效真实应变 ε_{eq} :

$$[0046] \quad \sigma_{ep} = \frac{p(r^2 + h^2)^5}{4ht_0 r^4};$$

$$[0047] \quad \varepsilon_{eq} = \frac{3}{1+\nu} \ln\left(1 + \frac{h^2}{r^2}\right);$$

[0048] 其中, ν 为泊松比参数, t_0 为 ETFE 薄膜厚度, r 为圆形气枕的半径。

[0049] 需要说明的是,在开始步骤 S1 之前,先通过气门芯对 ETFE 薄膜进行预加载,使其

处于预张紧状态。

[0050] 需要说明的是,步骤 S1 中,采取不间断的连续加载方式对 ETFE 薄膜进行缓慢充气。

[0051] 实施例一

[0052] 有效直径为 1m 的 ETFE 单层圆形气枕模型 3 个, ETFE 薄膜试样厚度 250 μm , 室温 25 $^{\circ}\text{C}$ 环境下进行充气加压试验, 试验最大充气气压为 20kPa, 采用连续加载方法对气枕进行缓慢充气。经测定得到气枕顶点处的气压 - 高度曲线与计算得到的真实应力 - 真实应变曲线请分别如图 5 和图 6 所示, 其中, 图 5 中横坐标为高度, 纵坐标为气压, 图 6 中横坐标为真实应变, 纵坐标为真实应力, 三条曲线分别代表 3 个试验模型。

[0053] 实施例二

[0054] 有效直径为 1m 的 ETFE 单层圆形气枕模型 3 个, ETFE 薄膜试样厚度 250 μm , 室温 25 $^{\circ}\text{C}$ 环境下进行充气加压试验, 试验最大充气气压为 28kPa, 采用连续加载方法对气枕进行缓慢充气。经测定得到气枕顶点处的气压 - 高度曲线与计算得到的真实应力 - 真实应变曲线分别如图 7 和图 8 所示, 其中, 图 7 中横坐标为高度, 纵坐标为气压, 图 8 中横坐标为真实应变, 纵坐标为真实应力, 三条曲线分别代表 3 个试验模型。

[0055] 实施例三

[0056] 有效直径为 1m 的 ETFE 单层圆形气枕模型 3 个, ETFE 薄膜试样厚度 250 μm , 室温 25 $^{\circ}\text{C}$ 环境下进行充气加压试验, 试验最大充气气压为 17kPa, 采用连续加载方法对气枕进行缓慢充气。经测定得到气枕顶点处的气压 - 高度曲线与计算得到的真实应力 - 真实应变曲线分别图 9 和图 10 所示, 其中, 图 9 中横坐标为高度, 纵坐标为气压, 图 10 中横坐标为真实应变, 纵坐标为真实应力, 三条曲线分别代表 3 个试验模型。

[0057] 从三个实施例分析的结果来看, 本发明的可重复性较好, 通过简单的圆形气枕充气加压试验得到不同使用环境中的 ETFE 薄膜三维空间受力状态下的材料性能参数是可行的。

[0058] 对于本领域的技术人员来说, 可以根据以上的技术方案和构思, 作出各种相应的改变和变形, 而所有的这些改变和变形都应该包括在本发明权利要求的保护范围之内。

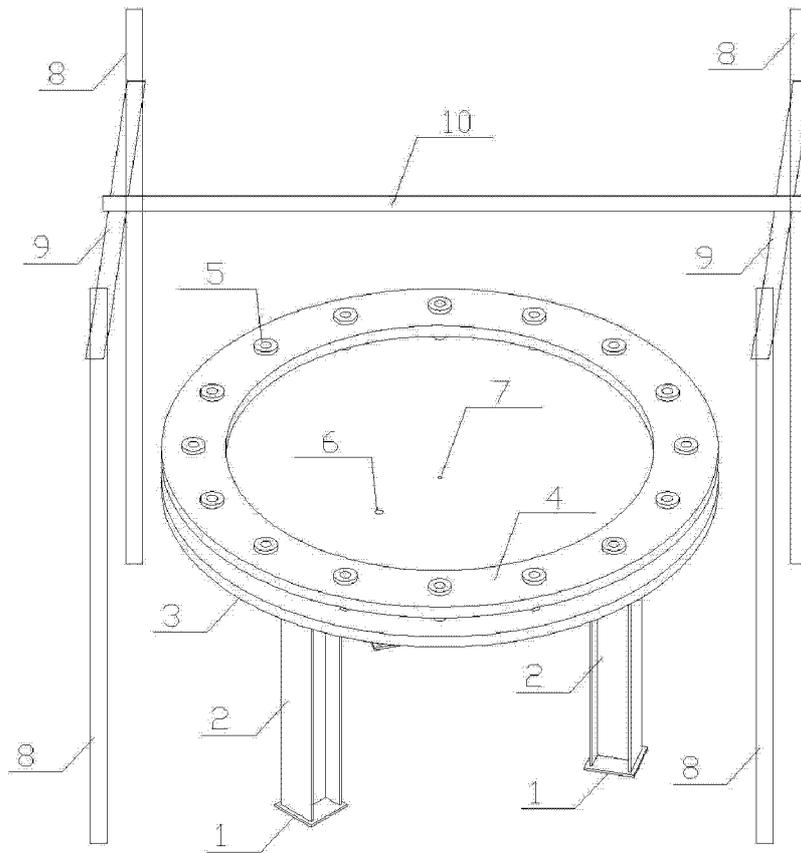


图 1

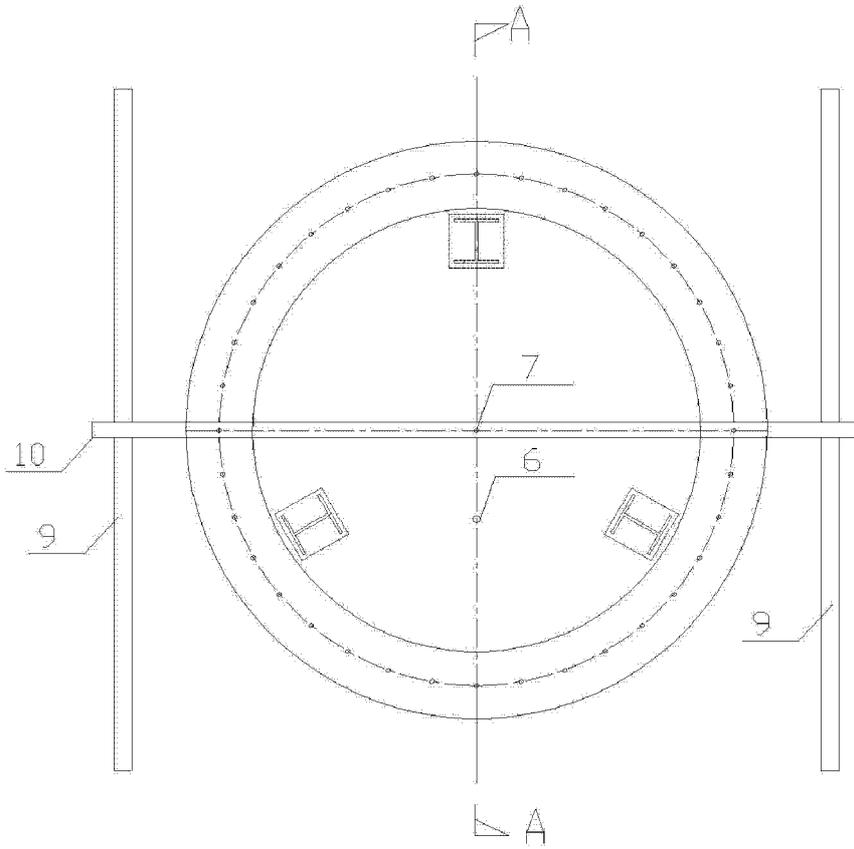


图 2

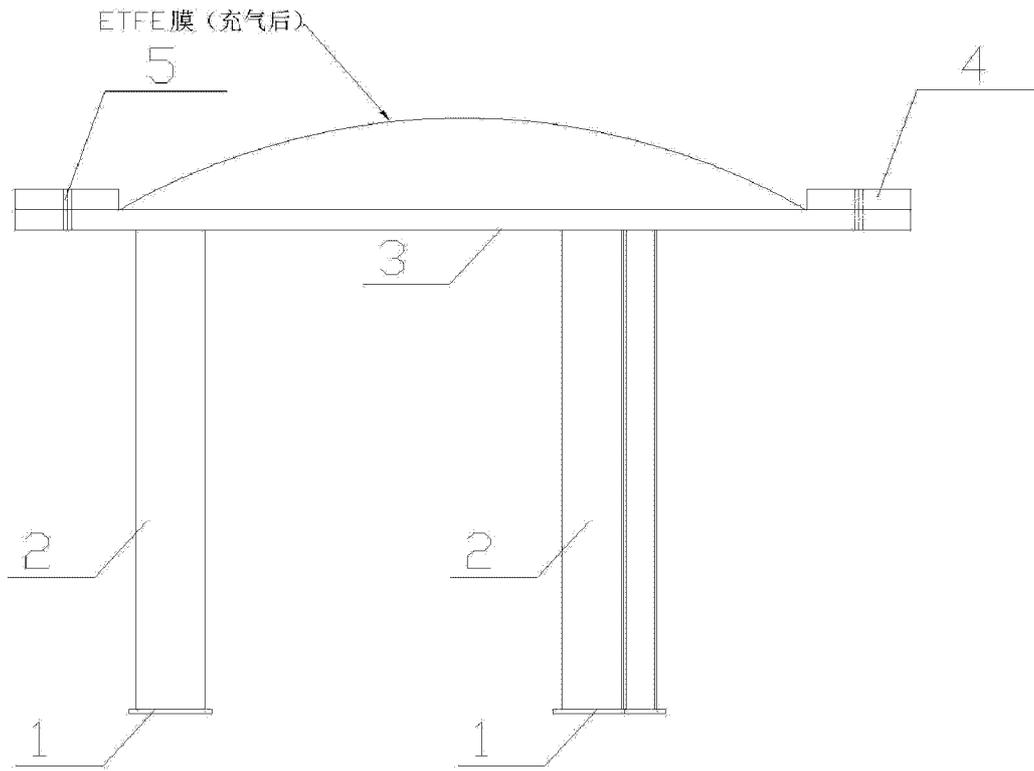


图 3

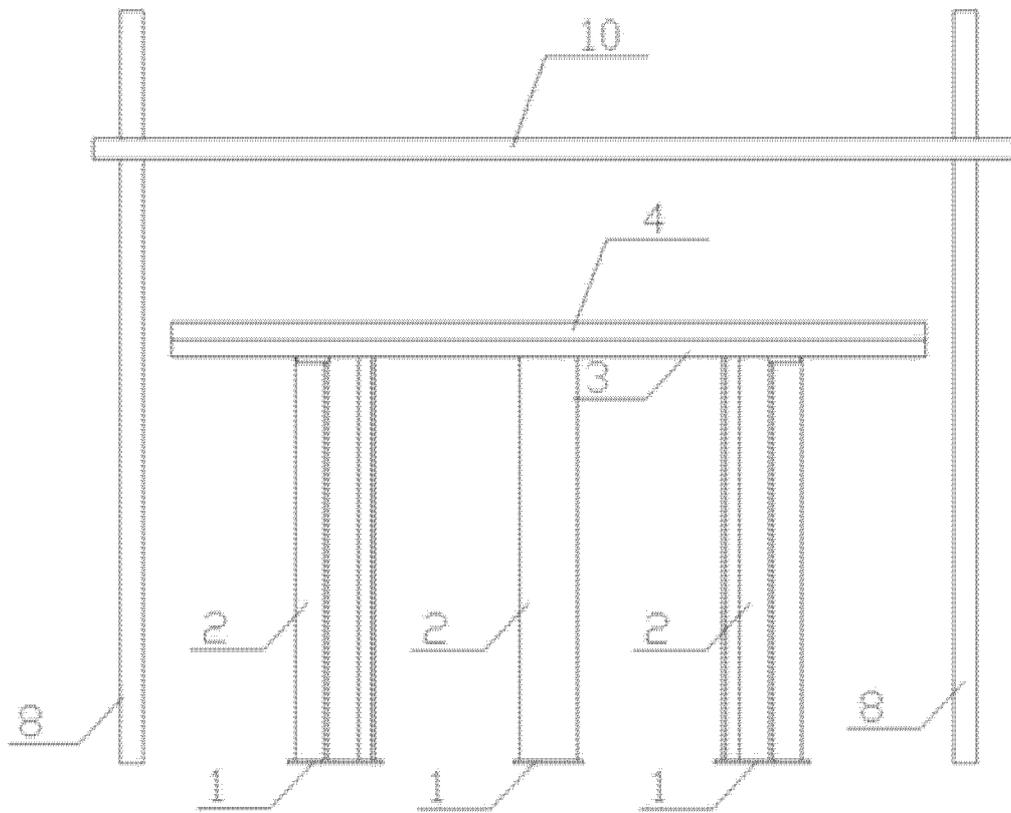


图 4

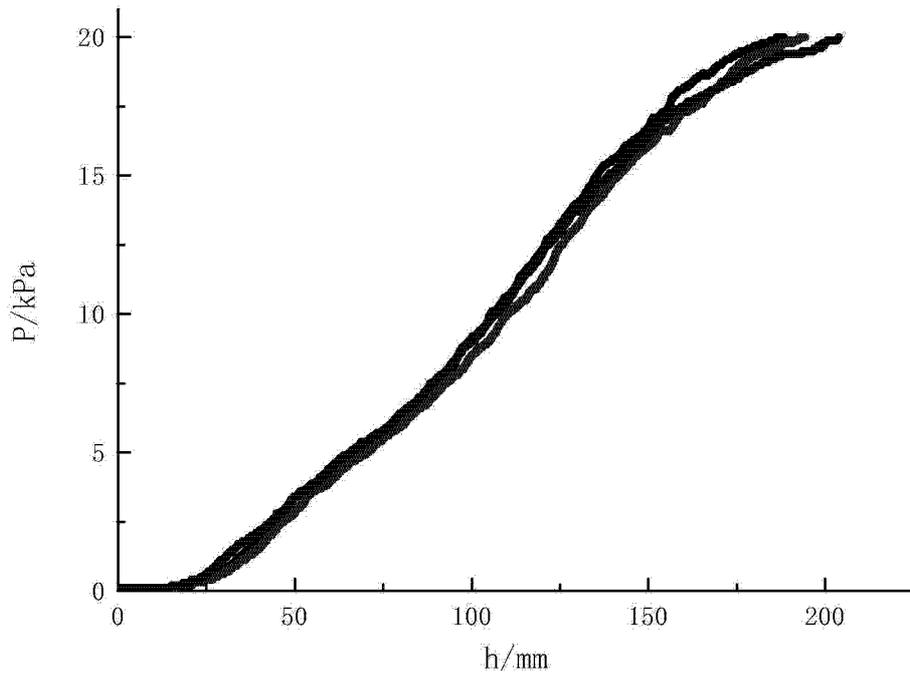


图 5

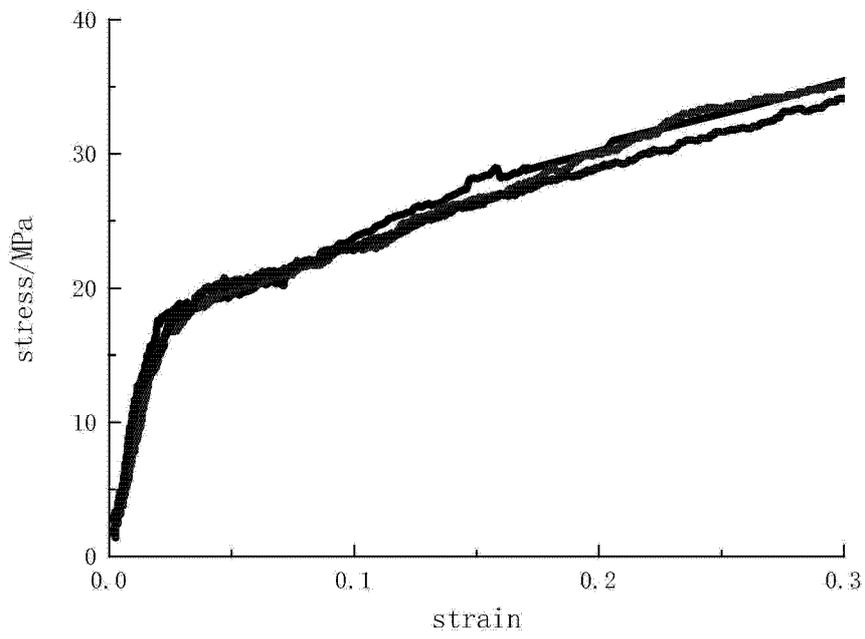


图 6

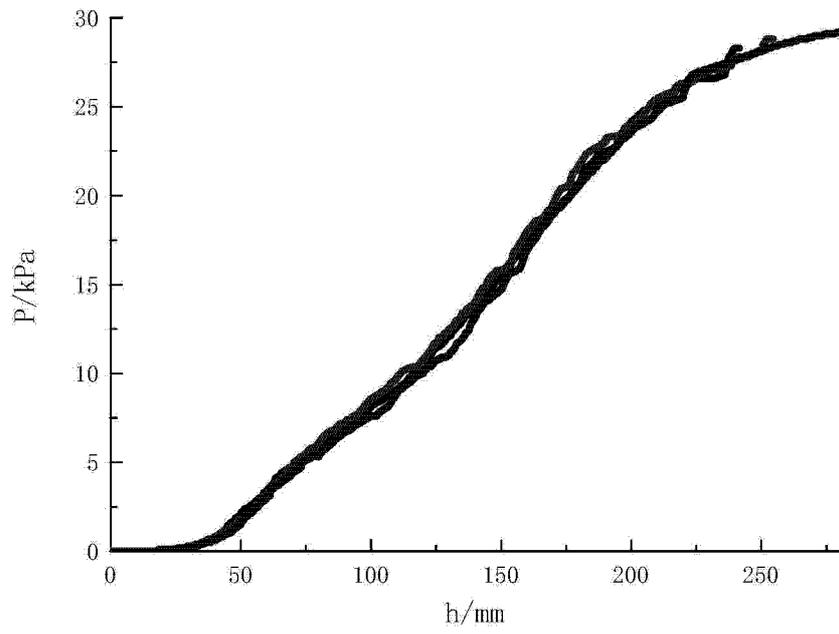


图 7

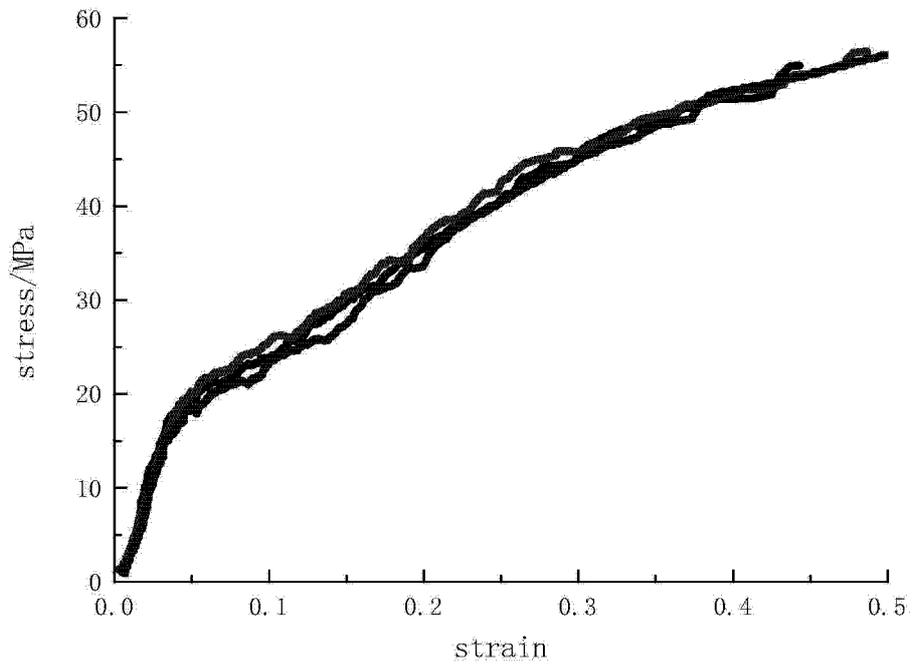


图 8

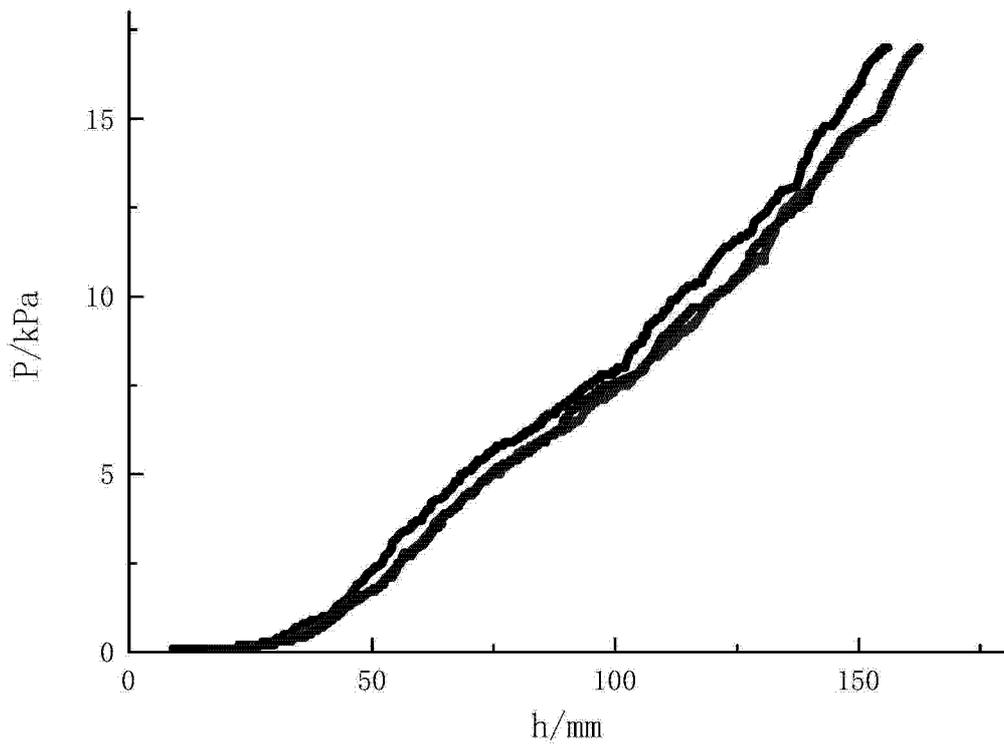


图 9

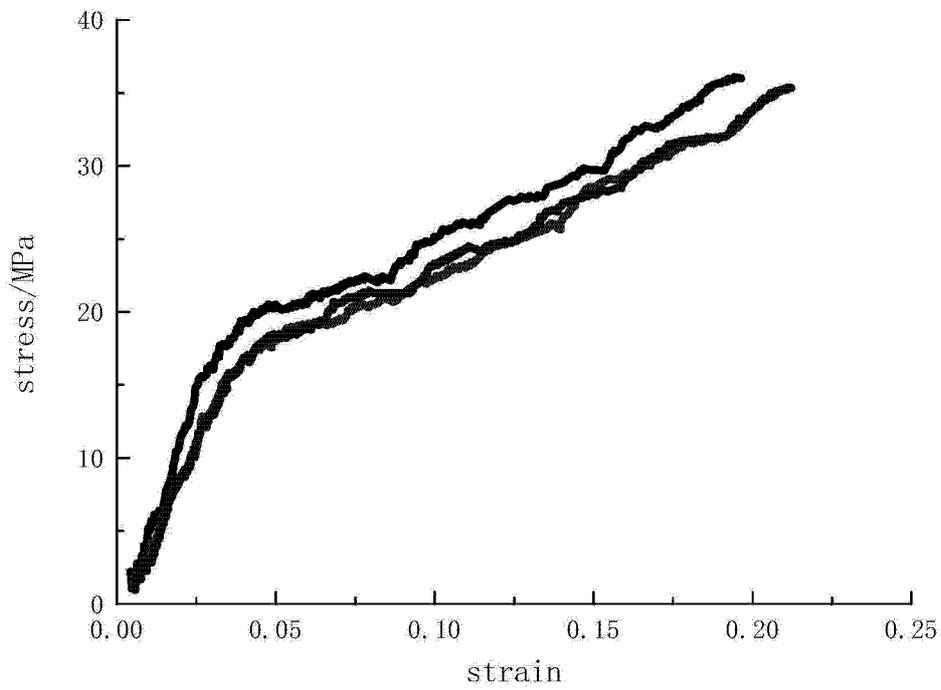


图 10